

М 276150

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

Министерство высшего и среднего специального образования
С С С Р

Московское

ордена Ленина и ордена Трудового Красного знамени
высшее техническое училище имени Н.Э. Баумана

ХАРАЕВА Майна Иннокентьевна

На правах рукописи

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ВОПРОСОВ
ПОВЫШЕНИЯ РЕЖУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДИСКОВЫХ ФРЕЗ
ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ

(Специальность 05.03.03 – Обработка металлов
резанием)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Работа выполнена в Московском ордена Ленина и ордена
Трудового Красного Знамени высшем техническом училище им.
Н.Э.Баумана

Научный руководитель -
кандидат технических наук, доцент Баклунов Е.Д.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор Шлих Д.Д.

Кандидат технических наук, доцент Шликов М.И.

Ведущее предприятие - Московский инструментальный завод

Автореферат разослан " " _____ 1975 г.

Защита состоится " " _____ 1975 года
на заседании Совета факультета "Автоматизация и механизация
производства" Московского высшего технического училища имени
Н.Э.Баумана _____
_____ская ул., д.5

_____ име печать,

_____ библиотеке училища.

М 276150

Ю.А.Степанов

НТБ МГУ им. Н.Э.Баумана

Актуальность проблемы. Одним из путей повышения производительности труда в металлообрабатывающей промышленности в условиях автоматизированного производства является применение металлорежущего инструмента с повышенной режущей способностью. Появление серии марок быстрорежущей стали и сверхтвердого абразивного материала — эльбора вскрывает дополнительные резервы повышения режущей способности инструмента на основе применения рациональной марки быстрорежущей стали для конкретных условий обработки и улучшения исходного качества затачиваемых рабочих поверхностей. Резервы повышения режущей способности инструментов из быстрорежущей стали различных марок при обработке конструкционных сталей изучены недостаточно, а применительно к фрезерованию наиболее распространенными фрезами, дисковыми, не исследованы совсем. Поэтому проводимое исследование, связанное с повышением режущей способности дисковых фрез, является весьма актуальным.

Цель исследования. Целью данного исследования является разработка научно-обоснованных рекомендаций по повышению режущей способности дисковых фрез из быстрорежущей стали при обработке конструкционных сталей.

Методы исследования. Для выявления влияния марки быстрорежущей стали и средств заточки на режущую способность дисковых фрез применен метод сравнительных стойкостных исследований дисковых фрез из различных быстрорежущих сталей, заточенных кругами из электрокорунда и эльбора. Количество вторичного аустенита, характеризующего качество затачиваемого поверхностного слоя определялось методом рентгеноструктурного анализа. Определение радиуса округления режущего лезвия производилось методом светового сечения. Измерение температуры резания производилось методом "естественной термопары".

Научная новизна. Разработана методика исследования режущей способности дисковых фрез из быстрорежущих сталей, заточенных различными средствами. Предложенная методика обработки результатов исследований с применением ЭВМ позволила выявить зависимость стойкости и коэффициента относительного увеличения стойкости фрез из исследованных быстрорежущих сталей, заточен-

ных кругами из электрокорунда и зльбора, от параметров режима обработки, позволяющая прогнозировать изменение стойкости в зависимости от режима резания, применяемого материала режущей части зубьев фрез и средств заточки.

Практическая ценность. Выявлены резервы повышения режущей способности дисковых фрез из быстрорежущей стали при обработке конструкционных сталей. Разработаны научно-обоснованные рекомендации по выбору марки быстрорежущей стали для изготовления дисковых фрез и средств формирования их режущей части.

Диссертационная работа является частью научных исследований, проводимых кафедрой "Теория механической обработки и инструмента" МВТУ им. Н.Э.Баумана по плану Главного Технического Управления министерства станкостроительной и инструментальной промышленности СССР.

Апробация работы. По данной работе сделаны три доклада на научных семинарах кафедры АМ-2 МВТУ им. Н.Э.Баумана в 1972-1974 гг., доклады на Юбилейной конференции молодых ученых ВСТИ, Улан-Удэ, 1974 г., на 4-й Всесоюзной межвузовской научно-технической конференции, Москва, 1975 г., и III научно-технической конференции молодых ученых и специалистов, ВПИ, Москва, 1975 г.

Объем работы. Результаты проведенного исследования изложены на 176 страницах машинописного текста, включающих в себя введение, шесть глав и общие выводы. В работе имеются 47 рисунков, 38 таблиц, список литературы из 75 наименований.

В первой главе дан анализ состояния вопроса, цель и задачи исследования.

Из анализа результатов научно-исследовательских работ и опыта промышленного производства по использованию быстрорежущих сталей различных марок взамен стали Р18 для изготовления инструментов целевого назначения и выбору средств формирования их режущей части видно, что применение оптимальной, для конкретного вида обработки, марки быстрорежущей стали и заточки кругами из зльбора способствует повышению режущей способности инструментов. Анализ работ позволил определить цель исследова-

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ

— 4 —

М В Т У
И. И. Б. Баумана
БИБЛИОТЕКА

ния. В связи с поставленной целью в ходе исследований решались следующие задачи:

1. Исследование характера и закономерности протекания износа зубьев фрез из низковольтфремовых быстрорежущих сталей, легированных молибденом, кобальтом и ванадием.

2. Исследование зависимости стойкость-скорость резания в широком диапазоне изменения режимов резания для фрез из быстрорежущей стали каждой исследуемой марки.

3. Исследование влияния технологических средств формирования режущей части фрез на их режущую способность.

4. Исследование влияния исходного качества затачиваемых поверхностей инструмента из быстрорежущей стали, получаемого при различных средствах формирования режущей части инструмента на стойкость.

5. Исследование экономической эффективности от использования быстрорежущей стали различных марок взамен Р18 для изготовления дисковых фрез и средств их заточки.

Во второй главе приведена методика проведения исследований режущей способности дисковых фрез из быстрорежущей стали, заточенных кругами из электрокорунда и эльбора. Экспериментальная фреза сборной конструкции диаметром 125 мм, в целях исключения взаимного влияния расположения зубьев на износ и стойкость, была выполнена однозубой. Для изготовления зубьев фрез были выбраны типичные представители быстрорежущей стали, регламентированной ГОСТом: Р18, Р18К5Ф2, Р14Ф4, Р12, Р10К5Ф5, Р9Ф5, Р9Ж10, Р6М5, Р6М8. Геометрические параметры зубьев фрез, параметры режима заточки и характеристики кругов выбраны в соответствии с нормативными рекомендациями.

Термическая обработка зубьев фрез производилась во ВНИИ с обеспечением твердости НРС 64-65.

В процессе проведения исследований производилась обработка уступа шириной и глубиной 6 мм на горизонтально-фрезерном станке методом встречного фрезерования по стали 45 при режимах резания: подача на зуб фрезы - 0,09; 0,14; 0,2 мм, скорость резания - 18, 26, 36, 50 и 75 м/мин. За критерий износа принята величина износа по главной задней поверхности зубьев фрез $h_z = 0,3$ мм.

Оценка режущей способности фрез, изготовленных из исследуемых быстрорежущих сталей, проводилась по приращению стойкости ΔT и по коэффициенту относительной стойкости K фрез из различных быстрорежущих сталей по сравнению со стойкостью фрез из P18:

$$\Delta T = T_x - T_{P18} ; \quad (1)$$

$$K = \frac{T_x - T_{P18}}{T_{P18}} \cdot 100 \% , \quad (2)$$

где T_x и T_{P18} — стойкость фрез из исследуемой быстрорежущей стали и фрез из P18, соответственно, при $h_z = 0,3$ мм.

При исследовании влияния технологических средств заточки на режущую способность фрез оценка эффективности влияния проводилась по приращению абсолютной стойкости ΔT_d и коэффициенту относительного увеличения стойкости K_d фрез, заточенных кругами из эльбора по сравнению со стойкостью фрез, заточенных электрокорундовыми шлифовальными кругами:

$$\Delta T_d = T_d - T_{25d} \quad (3)$$

$$K_d = \frac{T_d - T_{25d}}{T_{25d}} \cdot 100 \% \quad (4)$$

где T_d и T_{25d} — стойкость фрез, заточенных кругами из эльбора и электрокорунда, соответственно, при $h_z = 0,3$ мм.

В целях наиболее полного исследования влияния материала режущей части зубьев фрез и средств их затачивания на режущую способность, оценка режущей способности производилась по величинам ΔT_d и K_d при переменной величине износа от первоначального периода работы до конечного.

В третьей главе изложены результаты исследования режущей способности дисковых фрез из исследованных быстрорежущих сталей.

Экспериментальное исследование характера и закономерности износа проводилось на зубьях фрез, заточенных кругами из электрокорунда, по варианту 25А-25А. Выявлены зависимости максимального линейного износа по главной задней поверхности зубьев фрез из исследованных марок от продолжительности работы. Установлено, что интенсивность и характер протекания износа зубьев фрез

из исследуемых быстрорежущих сталей различны и зависят от физико-механических свойств быстрорежущей стали и режимных факторов.

Исследования зависимости стойкость-скорость резания выявили, что с увеличением скорости резания стойкость фрез из всех исследованных быстрорежущих сталей монотонно убывает. С увеличением подачи на зуб стойкость фрез уменьшается.

Для более точного аналитического выражения частных зависимостей аппроксимация их производилась по методике, предложенной д.т.н., профессором Грановским Г.И., показательной функцией вида:

$$T = \frac{C_v}{v^{m_1} e^{m_2 v}} \quad (5)$$

Значения C_v , m_1 и m_2 , найденные с применением ЭВМ БЭСМ-4, приведены в табл. I.

Таблица I

Марка стали	$S_z = 0,09 \text{ мм}$			$S_z = 0,14 \text{ мм}$			$S_z = 0,2 \text{ мм}$		
	C_v	m_1	m_2	C_v	m_1	m_2	C_v	m_1	m_2
P18	6888	0,452	0,036	12450	0,72	0,021	4547	0,35	0,045
P12	18566	0,847	0,021	25926	0,97	0,022	58126	1,27	0,020
P6M3	437	-1,44	0,082	1088	-0,30	0,051	388	-0,79	0,078
P6M5	-8538	0,184	0,036	3815	0,21	0,035	50748	1,27	0,017
P14Ф4	11205	1,711	0,010	12196	0,76	-0,002	19321	0,97	0,024
P9M5	10227	0,690	0,023	2845	0,24	0,033	24175	1,11	0,016
P18K5Ф5	4523	0,440	0,036	17967	0,86	0,021	64564	1,34	0,018
P18K5Ф2	6964	0,440	0,030	7490	0,51	0,027	5739	0,39	0,034
P9K10	7036	0,458	0,030	9791	0,63	0,028	60027	1,35	0,011

Различные численные значения постоянных коэффициентов и показателей степеней отражают характер влияния скорости резания на стойкость фрез, присущий каждой марке исследуемой быстрорежущей стали, характеризуют различную интенсивность изнашивания в зависимости от легирующих элементов.

Проведено исследование изменения стойкости в зависимости от одновременного комплексного влияния скорости резания и подачи на зуб. Математически зависимость $T = f(v, S_z)$ можно выразить зависимостью, полученной в результате обработки частных зависимостей. Однако обобщенные зависимости, полученные без учета взаимной связи в точках между стойкостью, скоростью резания и подачей на зуб, являются недостаточно точными. Поэтому для аналитического выражения подобной двухфакторной зависимости была найдена аппроксимирующая функция двух переменных, параметры уравнения которой определя-

ются по коэффициентам регрессий V на T и S_z на T с учетом накопления ошибки в точках регрессии:

$$T = \frac{C}{e^{m_1 V} \cdot e^{x_1 S_z} \cdot V^{m_2} \cdot S_z^{x_2}} \quad (6)$$

Значения коэффициентов и показателей степеней были определены с применением ЭВМ БЭСМ-4.

Проведенными исследованиями установлено, что величина приращения стойкости фрез из рассмотренных быстрорежущих сталей зависит как от параметров режима резания, так и от величины линейного износа по главной задней поверхности режущей части зубьев фрез.

Исследованиями также установлено, что коэффициент относительного увеличения стойкости является величиной переменной и зависит от скорости резания и подачи на зуб.

Установлена математическая зависимость $K = f(V, S_z)$, позволяющая прогнозировать изменение режущей способности фрез из последующих быстрорежущих сталей;

$$K = \frac{C_K}{e^{\beta_1 V} \cdot V^{\beta_2} \cdot e^{\beta_3} \cdot S_z^{\beta_4}} \quad (7)$$

На основании проведенных исследований установлены марки быстрорежущей стали, фрезы из которых имеют наибольшее значение коэффициента относительного увеличения стойкости как при конечной, так и при переменной величинах износа.

Результаты исследований позволили разработать рекомендации по выбору марки быстрорежущей стали, с учетом ее химического состава, для изготовления дисковых фрез при обработке конструкционной стали 45: Р6М5 - при $V \leq 75$ м/мин и $S_z \leq 0,15$ мм; Р6МЗ - при $V \leq 55$ м/мин и $S_z = 0,15 \pm 0,20$ мм.

В четвертой главе приведены результаты исследования режущей способности фрез, заточенных кругами из эльбора (вариант заточки 25А-1).

Установлено, что интенсивность износа зубьев фрез, заточенных кругами из электрокорунда, выше, чем заточенных кругами из эльбора, как в начальном, так и в основном периодах работы. Однако степень влияния эльборового заточки более всего отражается на интенсивности износа в начальный период резания. Интенсивность износа в начальном периоде работы предопределила дальнейшее протекание износа и в основном периоде,

который начинается с различных величин конечного износа зубьев фрез начального периода в зависимости от марки быстрорежущей стали. В результате разной интенсивности износа, обусловленной улучшением исходного качества поверхностного слоя при заточке кругами из эльбора, стойкость дисковых фрез из всех исследованных сталей выше стойкости фрез, заточенных кругами из электрокорунда при всех значениях скорости резания и подач исследованного диапазона режима резания.

С увеличением скорости резания стойкость фрез T_A монотонно уменьшается и приближается к стойкости фрез, заточенных кругами из электрокорунда. В результате обработки результатов экспериментальных исследований установлена зависимость стойкости фрез, заточенных кругами из эльбора от основных параметров режима резания:

$$T_A = \frac{C_A}{e^{K_1 V} \cdot V^{K_2} \cdot e^{q_1 S_z} \cdot q_2} \quad (8)$$

Значения параметров уравнения (8) даны в табл.2.

Таблица 2.

Марка стали	C_A	K_1	K_2	q_1	q_2
Р18	$3,1 \cdot 10^5$	0,047	0,05	12,35	1,15
Р12	$1,1 \cdot 10^5$	0,037	0,39	8,48	0,72
Р6М3	$13,3 \cdot 10^5$	0,065	0,78	23,98	3,60
Р6М5	$3,6 \cdot 10^6$	0,022	0,78	15,63	1,60
Р14Ф4	$5,1 \cdot 10^4$	0,009	1,32	2,88	0,90
Р9Ф5	$1,6 \cdot 10^5$	0,024	0,59	9,35	0,85
Р10К5Ф5	$2,5 \cdot 10^3$	0,029	0,54	1,96	0,51
Р18К5Ф2	$1,5 \cdot 10^4$	0,037	0,17	2,67	0,18
Р9К10	468	0,025	0,65	6,10	0,20

Различные значения величин C_A , K_1 , K_2 , q_1 и q_2 указывают на разную степень влияния эльборової заточки в зависимости от применяемой марки стали.

Оценка влияния заточки кругами из эльбора на режущую способность фрез по приращению стойкости ΔT_A показала, что фрезы из всех рассмотренных сталей, кроме Р12 и Р10К5Ф5, имеют наибольшее значение величины ΔT_A при $V = 18$ м/мин. Фрезы из стали марки Р12 показали наибольшее увеличение стойкости от заточки кругами из эльбора при $V = 26$ м/мин и $S_z = 0,09 - 0,2$ мм, а фрезы из Р10К5Ф5 при той же скорости резания и $S_z = 0,14 - 0,2$ мм.

В результате математической обработки результатов стойкостных исследований с применением БЭСМ-4 установлена аналитиче-

ская зависимость приращения абсолютной стойкости фрез, заточенных кругами из эльбора, от скорости резания.

Установлена зависимость между коэффициентом относительно-го увеличения стойкости K_A и основными параметрами режима резания, позволяющая прогнозировать повышение режущей способности от эльборово-й заточки в исследованном интервале скоростей резания и подачи:

$$K_A = \frac{C_{KA}}{e^{a_1 v} \cdot e^{a_2} \cdot e^{r_1 S_z} \cdot S_z^{r_2}} \quad (9)$$

Численные значения C_{KA} , a_1 , a_2 , r_1 , r_2 даны в табл.

3.

Таблица 3.

Марка стали	C_{KA}	a_1	a_2	r_1	r_2
P18	25	0,09	-2,71	17,90	-2,7
P12	7,6	0,113	-4,15	21,50	-3,15
P6M3	906	-0,03	0,49	6,76	-1,26
P6M5	4628	-0,01	1,77	15,20	-2,28
P14Ф4	61	0,01	-0,81	-10,25	1,49
P9Ф5	39	0,007	-0,76	-9,45	1,39
P18K5Ф5	5166	0,049	-2,18	-37,84	4,99
P18K5Ф2	578	0,06	-1,98	-10,54	1,28
P9K10	14	0,01	-0,69	-8,96	1,17

Оценка режущей способности фрез по приращению стойкости K_A и коэффициенту относительного увеличения стойкости K_A при постоянной и переменной величинах износа показала, что применение кругов из эльбора при затачивании более всего повышает стойкость фрез из быстрорежущих сталей марок P6M5, P18, P12.

В пятой главе представлены результаты исследования влияния технологических средств заточки на качество поверхностного олюя затачиваемых поверхностей и физические явления при резании дисковыми фрезами из различных быстрорежущих сталей. Результаты исследования позволяют объяснить причины изменения режущей способности фрез из рассмотренных сталей по сравнению с P18, причины повышения стойкости при заточке кругами из эльбора. Рентгеноструктурный анализ показал, что в поверхностном слое режущей части зубьев фрез, изготовленных из быстрорежущей стали повышенной плёкуемости (из числа исследованных) P18, P12, P18K5Ф2, P6M5 содержится меньшее количество вторичного аустенита при обоих вариантах заточки. В поверхностном

слое режущей части зубьев фрез из всех сталей, заточенных кругами из электрокорунда, содержание вторичного аустенита выше, чем при затачивании кругами из эльбора.

Исследования показали, что уменьшение шероховатости затачиваемых поверхностей на один класс, наряду с уменьшением содержания вторичного аустенита явилось дополнительной причиной повышения режущей способности фрез, заточенных кругами из эльбора.

На интенсивность износа зубьев фрез большое влияние оказывает радиус округления режущего лезвия. Результаты измерений радиуса округления режущих лезвий зубьев фрез, заточенных кругами из электрокорунда и эльбора приведены в табл. 4.

Таблица 4.

Радиус округления ρ (мкм)									
Марка стали	PI8	PI2	P6M8	P6M5	PI4Ф4	P9Ф5	PIOK5Ф5	PI8K5Ф2	P9K10
Заточка 25А-25А	12	18	16	12	19	19	19	14	17
Заточка 25-Д	7	7	9	7	9	10	9	8	9

Как видно из таблицы, при заточке кругами из электрокорунда наименьшая величина отмечается у фрез из сталей PI4Ф4, P9Ф5, P1OK5Ф5 и P6M8. Исследования показали, что применение эльборовых заточки способствует уменьшению радиуса округления режущего лезвия. С уменьшением величины ρ условия врезания улучшаются, что способствует повышению режущей способности фрез.

Температурными исследованиями установлено, что наибольшая температура резания отмечается у фрез из ванадиевой группы P9Ф5 и PI4Ф4, что явилось одной из причин снижения их режущей способности. Температура в зоне резания фрезами из PI2, P6M5, P1OK5Ф5, P9K10, PI8K5Ф2 (указаны в порядке уменьшения) ниже, чем в зоне резания фрезами из PI8. Сопоставляя результаты стойкостных исследований с температурными, можно заметить, что в такой же последовательности расположены марки быстрорежущей стали в порядке повышения режущей способности.

Установлено, что изменение температуры резания, характе-

ризуемое величиной коэффициента относительного увеличения температуры K_θ , приводит к увеличению коэффициента относительного увеличения стойкости K .

Выявлена зависимость температуры резания от скорости резания и подачи на зуб,

При обработке с СОЖ характер зависимости стойкости фрез от основных параметров не изменяется; применение СОЖ при обработке конструкционной стали 45 дисковыми фрезами повышает их режущую способность.

В шестой главе приведены результаты экономического исследования.

Оценка экономической эффективности применения быстрорежущих сталей различных марок взамен Р18 и внедрения эльборовозаточки дисковых фрез производилась по двум вариантам:

1. При постоянных значениях скорости резания и переменной стойкости фрез.

2. При переменной скорости резания и постоянной величине стойкости.

Исследования показали, что эффективность применения фрез из различных быстрорежущих сталей, а также эффективность применения заточки их кругами из эльбора, подсчитанные по второму варианту, выше, чем по первому варианту, т.е. наибольшая экономическая эффективность достигается за счет повышения производительности труда на основе повышения режима резания и снижения затрат на эксплуатацию фрез.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Получены основные зависимости стойкости фрез от основных параметров режима резания, которые позволяют прогнозировать повышение режущей способности от применения быстрорежущей стали различных марок взамен Р18 и от внедрения эльборовозаточки в исследованном диапазоне изменения режимов резания.

2. Разработана методика комплексного исследования, которая предусматривает глубокий сравнительный анализ режущей способности дисковых фрез из различных быстрорежущих сталей, за-

точечных кругами из электрокорунда и эльбора, по абсолютным и относительным показателям, при постоянной и переменной величинах износа по главной задней поверхности.

3. Получены частные зависимости стойкости фрез от основных параметров режима резания. Зависимость $T = f(v)$ не может быть описана общепринятой степенной функцией. Для более точного аналитического выражения зависимости стойкости от скорости резания принята показательная функция.

4. Установлены обобщенные зависимости стойкости фрез от скорости резания и подачи на зуб с учетом их взаимного влияния на стойкость. Подобрана адекватная аппроксимирующая функция, параметры уравнения которой определены с применением ЭВМ.

5. Выявлено, что изменение режущей способности дисковых фрез из быстрорежущих сталей различных марок взамен Р18 может быть учтено поправочными коэффициентами, имеющими функциональную связь с параметрами режима резания.

6. Установлены марки быстрорежущей стали, фрезы из которых получили наибольшее повышение режущей способности.

7. Применение эльборовых шлифовальных кругов для затачивания дисковых фрез не влияет на закономерности протекания износа, а лишь уменьшает интенсивность износа как в начальном, так и в основном периодах работы.

8. Выявлено, что причиной повышения режущей способности фрез, заточенных кругами из эльбора, явилось улучшение исходного качества затачиваемых поверхностей.

9. Исследованиями установлено, что применение СОЖ не влияет на характер зависимостей стойкости фрез от скорости резания и подачи, а лишь отражается на абсолютной величине стойкости.

10. В результате комплексного исследования режущей способности фрез из различных быстрорежущих сталей и всестороннего анализа полученных данных выявлено, что для изготовления дисковых фрез следует рекомендовать быстрорежущие стали марок Р6М5 и Р6М3. Замена дисковых фрез из быстрорежущей стали марки Р6М5 обеспечивает повышение стойкости от 20 до 120% в зависимости от режимов резания.

11. Применение альборовской заточки более всего отразилось на повышении режущей способности фрез из Р6М5, Р12, Р6МЗ и Р18. В частности, стойкость фрез из Р6М5 повысилась от 10 до 50%, а стойкость фрез из Р9Ф5 и Р14Ф4, имеющих пониженную шлифуемость — от 7 до 30%, в зависимости от параметров режима резания.

12. Наибольшая экономическая эффективность от замены фрез из Р18 фрезами из сталей исследованных марок и от внедрения альборовской заточки обеспечивается при работе фрез с большей скоростью резания при постоянной стойкости.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

опубликовано в следующих работах:

1. Е.Д.Баклунов, М.И.Хараева. Исследование некоторых факторов повышения режущей способности дисковых трехсторонних фрез из быстрорежущей стали. Материалы III научно-технической конференции молодых ученых и специалистов, ЗИЛ, М., 1975.

2. М.И.Хараева, Е.Д.Баклунов. Исследование режущих свойств пазовых фрез. Материалы 4-й Всесоюзной межвузовской научно-технической конференции, М., 1975.

3. Е.Д.Баклунов, М.И.Хараева. Влияние средств заточки на режущие свойства пазовых фрез из некоторых марок быстрорежущих сталей. Труды Восточно-Сибирского технологического института, выпуск I, Улан-Удэ, 1974.

4. Е.Д.Баклунов, М.И.Хараева. Исследование режущих свойств пазовых фрез из некоторых марок быстрорежущих сталей. Труды Восточно-Сибирского технологического института, выпуск I, 1974.